

Formulación de una Nueva Unidad de Negocios Dedicada a Actividades de Economía Circular

Juan David Restrepo Díaz

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Químico

Director

Crisóstomo Barajas Ferreira

Ingeniero Químico

Codirector

Sandro Bohórquez Pulido

Ingeniero Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2022

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	7
1. Descripción de la Empresa.....	8
2. Marco Teórico.....	9
2.1 Glosario.....	10
2.2 Marco Jurídico para el Proceso de Reciclaje .....	12
3. Objetivos .....	16
3.1 Objetivo General.....	16
3.2 Objetivos Específicos.....	16
4. Descripción Metodológica .....	17
4.1 Ideas para Mejorar la Logística del Material .....	17
4.2 Cálculo del Número de Equipos y Operadores.....	19
4.3 Cálculo de la Capacidad de la Planta.....	26
4.4 Estructura de Costos .....	28
5. Análisis de Resultados .....	31
6. Conclusiones .....	34
Referencias Bibliográficas .....	35

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. <i>Posicionamiento en el Mercado de la Empresa</i> .....	9
Figura 2. <i>Orden Metodológico</i> .....	17
Figura 3. Diagrama de Flujo del Proceso.....	19
Figura 4. Camión con el Respectivo Sistema de Báscula, Hardware y Software.....	20
Figura 5. Forma de Acopio y Almacenamiento de Vidrio en una Planta de Tratamiento de Cullet.....	21
Figura 6. <i>Cargue de Lotes de Vidrio en la Tolva de Almacenamiento</i> .....	21
Figura 7. Tolva de Almacenamiento con su Respectivo Alimentador de Bandas .....	22
Figura 8. Separador Magnético Configurado sobre una Banda Transportadora .....	23
Figura 9. Triturador de Mandíbulas .....	23
Figura 10. Zaranda de Doble Malla .....	24
Figura 11. Tolva de Almacenamiento Final .....	25
Figura 12. Diagrama de Flujo .....	27

**Lista de Tablas****Pág.**

Tabla 1. <i>Metas de Aprovechamiento de Residuos de Envases y Empaques en Porcentaje</i> .....	13
Tabla 2. <i>Inventarios de Vidrio Generados por las Principales Embotelladoras de Bavaria</i> .....	18
Tabla 3. <i>Cantidad de Operarios</i> .....	25
Tabla 4. <i>Cálculo de la Capacidad de Producción</i> .....	27
Tabla 5. <i>Gasto Mensual de Toda la Nómina</i> .....	28
Tabla 6. <i>Gastos de Compra de Equipos y Costos Mensuales Fijos</i> .....	29
Tabla 7. <i>Flujo de Caja Mensual</i> .....	32

## Resumen

**Título:** Formulación de una Nueva Unidad de Negocios Dedicada a Actividades de Economía Circular\*

**Autores:** Juan David Restrepo Díaz, Crisóstomo Barajas Ferreira, Sandro Bohórquez Pulido\*\*

**Palabras clave:** cullet, economía circular, reciclaje, vidrio.

**Descripción:** el presente trabajo tiene como finalidad calcular la ganancia mensual neta de una unidad de negocios dedicada a labores de economía circular, más específicamente al tratamiento que se le da a las botellas de vidrio para obtener cullet, éste último es la materia prima para la fabricación de nuevos envases de vidrio, para ello se realizó una revisión bibliográfica de los precios de compra y venta de los envases de vidrio en el mercado local, se plantearon ideas para mejorar el transporte de los inventarios de vidrio desde la empresa generadora hasta la planta de beneficio para el vidrio, así como también se planteó el orden del proceso paso a paso para triturar, clasificar y despachar el cullet desde la planta de beneficio para el vidrio hasta la cristalería, situando en un escenario hipotético a la empresa IMMES S.A.S. como un eslabón en la cadena de la economía circular, más exactamente como un proveedor de cullet en el mercado local.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Crisóstomo Barajas Ferreira, Ingeniero Químico. Codirector: Sandro Bohórquez Pulido, Ingeniero Industrial

## Abstract

**Title:** Formulation of a New Business Unit Dedicated to Circular Economy Activities \*

**Author(s)::** Juan David Restrepo Díaz, Crisóstomo Barajas Ferreira, Sandro Bohórquez Pulido \*\*

**Key Words:** cullet, circular economy, recycling, glass.

**Descripción:** The purpose of this paper is to calculate the net monthly profit of a business unit dedicated to circular economy work, more specifically the treatment given to glass bottles to obtain cullet, the latter is the raw material for the manufacture of new glass containers, for this purpose a literature review was carried out of the purchase and sale prices of glass containers in the local market, ideas were put forward to improve the transport of glass inventories from the generating company to the glass benefit plant, as well as the step-by-step order of the process for shredding, classify and dispatch the cullet from the benefit plant for the glass to the glassware, placing in a hypothetical scenario the company IMMES S.A.S. as a link in the chain of the circular economy, more exactly as a supplier of cullet in the local market.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Crisóstomo Barajas Ferreira, Ingeniero Químico. Codirector: Sandro Bohórquez Pulido, Ingeniero Industrial

## Introducción

La resolución 1407 de 2018 (julio 26) expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia obliga a ciertas empresas a utilizar materias primas sustitutivas en sus procesos; sin embargo, en el caso de la producción de envases de vidrio en Colombia, hay un monopolio en manos de la cristalería A, éste actor del mercado es quien rige los precios del casco de vidrio, esto es perjudicial para el gremio del reciclaje, ya que el vidrio es uno de los materiales reciclables que más barato se paga en Colombia a quienes se dedican a su reciclaje, a pesar de todo el trabajo que implica recolectar y transportarlo, es por ello que muchos recicladores desisten de reciclar vidrio (tanto empresas formales, como trabajadores informales), ese es el panorama en la capital del país, pues éste material debe ser transportado hasta Zipaquirá (donde se encuentra la cristalería A) lo cual implica un costo por flete y una disminución de las ganancias. El presente trabajo tiene como finalidad realizar un estudio para calcular la utilidad o ganancia neta generada por una nueva unidad de negocio de IMMES S.A.S. enfocado en el proceso de beneficio del casco de vidrio.

Una condición a mejorar en la logística del reciclaje de vidrio es la cantidad de vidrio que se pueda transportar por flete, porque el vidrio en estado de botella no fracturada ocupa mucho espacio para lo que pesa.

## 1. Descripción de la Empresa

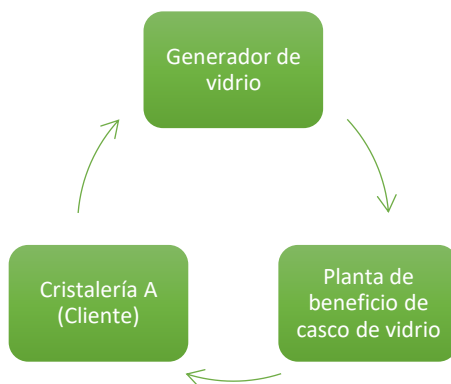
IMMES S.A.S. es una empresa contratista cuyo objetivo es prestar servicios ingenieriles tales como; obras civiles, mantenimientos, certificaciones, etc. a empresas dedicadas a la producción de alimentos, bebidas alcohólicas y estaciones de servicio, IMMES S.A.S. participa en licitaciones junto con otras empresas, de esa manera se legaliza la contratación, si la empresa es ganadora de una licitación se procede a tramitar por parte de empresa cliente una orden de compra. Paralelamente a la contratación para prestar servicios ingenieriles, se está llevando a cabo el planteamiento y planeación de una nueva unidad de negocios dedicada a labores de economía circular para posicionar a la empresa como un proveedor de casco de vidrio, con el fin de darle un valor agregado a esta materia teniendo como premisa el cuidado del medio ambiente y su reintegración en óptimas condiciones de nuevo a la cadena de producción.

Debido a las relaciones en el pasado de IMMES S.A.S. con la empresa generadora de vidrio como contratista de ésta se plantea negociar con esa empresa una tarifa para el vidrio con el objetivo de asegurar el inventario de material, la empresa generadora del vidrio se encargaría de cuantificar el peso y de generar una factura, una vez IMMES teniendo y procesando la materia prima estaría en condiciones para vender el cullet<sup>1</sup> de vidrio a la cristalería y posecionarse en el mercado como se muestra en la Figura 1 como uno de los eslabones de la economía circular.

---

<sup>1</sup> Nombre que se le da al vidrio ya triturado y separado por granulometría



**Figura 1.***Posicionamiento en el Mercado de la Empresa***2. Marco Teórico**

El vidrio es un sólido amorfo que no cuenta con una estructura cristalina interna y es producido a través de materias primas que se encuentran en la corteza del planeta a partir de minerales como sosa y cal, los envases están compuestos de óxido de silicio (71-75%), óxido de sodio (12-16%) y óxido de calcio (12-16%). Toda esta mezcla de compuestos se funde en hornos a (1500-1600 °C) así se forma el vidrio, que a ese rango de temperatura se comporta como un líquido, así el vidrio puede ser vertido, soplado, prensado y moldeado en una amplia gama de formas. (Testa et.al., 2017)

Debido a las características del vidrio, este material es muy fácil de recuperar, lo que permite reciclarlo al 100%. Lo anterior hace posible que el vidrio se pueda reciclar tantas veces como se quiera, sin que éste pierda ninguna de sus propiedades fisicoquímicas.

En ese sentido, es pertinente afirmar que la reutilización del vidrio para el proceso de fabricación de nuevos envases es beneficioso para las cristalerías, pues el hecho de contar con el vidrio en estado sólido y triturado es ideal para operar en los hornos en comparación con las materias primas de base para la fabricación del vidrio que requieren un mayor gasto energético para poder fundirse. Es importante señalar que el reciclaje de vidrio necesita un 26% menos de energía que la producción original, en la que para producir un kilo de vidrio se necesitan 4.200 kilocalorías. Además, el material generado por reciclaje reduce en un 20% la contaminación atmosférica que provocaría por el proceso habitual, y disminuye en un 40% la contaminación de agua. (Mata et al., 1996) .

## 2.1 Glosario

- *Almacenamiento:* es la acción del usuario de colocar temporalmente los residuos sólidos en recipientes, depósitos contenedores retornables o desechables mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final. (Decreto 1713 de 2002 sancionado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia)
- *Desecho:* Es cualquier producto inservible o inutilizado que su poseedor destina al abandono o del cual quiere desprenderse.
- *Desperdicio:* Es todo residuo sólido o semisólido de origen animal o vegetal sujeto a la putrefacción, proveniente de la manipulación, preparación y consumo de alimentos.

- *Generadores:* persona natural o jurídica que produce residuos sólidos derivados de sus actividades. Los generadores se pueden clasificar como: domésticos, multiusuarios, comerciales e industriales.

- *Reciclaje:* Es el proceso mediante el cual los residuos son transformados en materia prima para la fabricación de nuevos productos.

- *Recolección:* es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por la entidad prestadora del servicio. (Decreto 1713 de 2002 sancionado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia).

- *Residuo aprovechable:* es cualquier material, objeto, sustancia o elemento que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo.

- *Residuo no aprovechable:* es todo material o sustancia de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.

- *Residuo sólido:* es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas.

- *Reutilización*: es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación.
- *Separación en la fuente*: es la clasificación de los residuos en el sitio de generación para su posterior recuperación. (Decreto 1713 de 2002 sancionado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia).
- *Tóxico*: Es aquel que por sus características físicas o químicas puede causar daño o la muerte a los seres vivos o provocar contaminación.
- *Tratamiento*: es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.

## **2.2 Marco Jurídico para el Proceso de Reciclaje**

A continuación, se mencionan los respectivos capítulos y artículos de la normativa referente a las metas a cumplir por parte de los productores de envases y las obligaciones que deben cumplir los productores junto con las empresas transformadoras.

Resolución 1407 de 2018 (julio 26), expedida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de Colombia

### *Capítulo II. De los planes de gestión ambiental de residuos de envases y empaques*

ART. 9°—Metas. Los productores deberán dar cumplimiento a las siguientes metas: a)  
Metas cuantitativas: Los productores deberán cumplir la meta de aprovechamiento de residuos de

envases y empaques con respecto al peso total de envases y empaques puestos por ellos en el mercado en el año base, en los porcentajes establecidos en Tabla 1 de la presente resolución.

**Tabla 1.**

*Metas de Aprovechamiento de Residuos de Envases y Empaques en Porcentaje*

Periodo de evaluación Año	Incremento anual (% meta)	Meta de aprovechamiento de residuos de envases y empaques (%)
2021	10%	10%
2022	2%	12%
2023	2%	14%
2024	2%	16%
2025	2%	18%
2026	2%	20%
2027	2%	22%
2028	2%	24%
2029	3%	27%
2030	3%	30%

### *Capítulo III. De las obligaciones*

ART. 11. —Obligaciones del productor. El productor deberá cumplir con las siguientes obligaciones:

a) Formular, implementar y mantener actualizados los planes de gestión ambiental de residuos de envases y empaques;

b) Presentar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), el plan de gestión ambiental de residuos de envases y empaques, así como los informes de avance anual en los términos establecidos en la presente resolución;

c) Definir, desarrollar y liderar los proyectos, acuerdos, alianzas o convenios necesarios con actores, que permitan el avance en la gestión ambiental de residuos de envases y empaques y el cumplimiento de las metas establecidas en la presente resolución;

d) Promover alianzas con las estaciones de clasificación y aprovechamiento existentes en los municipios, empresas transformadoras, gestores y demás actores relacionados con las cadenas de valor de reciclaje;

e) Promover la incorporación de los lineamientos de economía circular, en la priorización de alternativas de aprovechamiento de los residuos de envases y empaques;

f) Apoyar al fabricante en la innovación y el ecodiseño para la fabricación de envases y empaques con características de sostenibilidad.

ART. 15. —Obligaciones de las empresas transformadoras.

Toda persona natural o jurídica que transforme el material aprovechable en materia prima y/o producto final y lo devuelva a la cadena productiva y/o realice su valorización energética, deberán cumplir con las siguientes obligaciones:

a) Apoyar a los productores en la implementación de los planes de gestión ambiental de residuos de envases y empaques de los productores presentados ante la ANLA;

b) Apoyar al productor en las estrategias dirigidas a promover el incremento de las tasas de aprovechamiento de los residuos de envases y empaques;

c) Publicar los criterios y estándares de calidad para el aprovechamiento de los residuos de envases y empaques en plataformas digitales y/o un lugar visible dentro de sus instalaciones;

d) Expedir certificación a los planes de gestión ambiental de residuos de envases y empaques presentados a la ANLA, que incluya la información contenida en el formato del Anexo

I “Formato de certificación de residuos de envases y empaques aprovechados” que forma parte de la presente resolución;

e) Apoyar a los productores en el diseño e implementación de programas de sensibilización, cultura ciudadana hacia el consumidor para la separación en la fuente. (Por la cual se modifica la Resolución 1407 de 2018 y se toman otras determinaciones, 2020)

La normativa colombiana contempla un incremento en las metas de aprovechamiento de residuos de envases y empaques tal como se ve en la Tabla 1, ésta parte de la normativa es beneficiosa para las empresas transformadoras, pues asegura que la demanda de materia prima sustitutiva aumente de 10% a 30% entre 2021 y 2030.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Diseñar una nueva unidad de negocio para IMMES SAS dedicada a labores de economía circular para el proceso de beneficio de los envases de vidrio.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

Plantear acciones para mejorar la logística del transporte y abastecimiento de la materia prima.

Calcular el costo del procesamiento de un kilo de vidrio basado en la estructura de gastos y costos (fijos y variables) (\$COP/kg).

Evaluar los costos y beneficios económicos a futuro de IMMES SAS en esta nueva unidad de negocio.

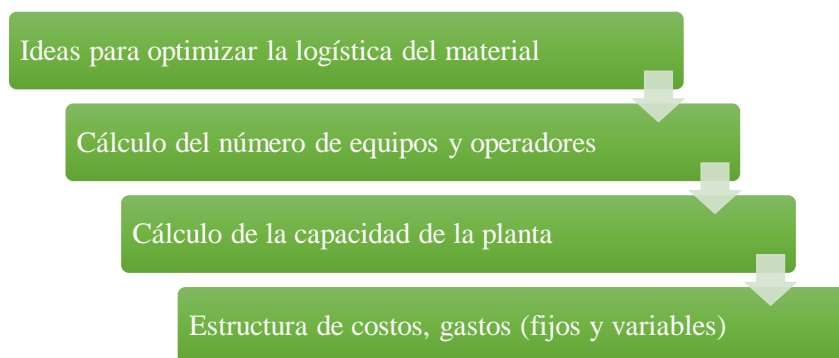


## 4. Descripción Metodológica

Siguiendo la secuencia de la Figura 2, se realizó una revisión de la cadena logística del transporte del vidrio entre el generador y la planta de tratamiento para proponer soluciones en aras de transportar más carga por flete con el objetivo de disminuir el número de fletes y costos de transporte. Posteriormente se mencionan todos los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de beneficio del vidrio para después calcular el número de operarios en función de las diferentes tareas o labores dentro del proceso. Luego se calculó la capacidad de la planta. Finalmente se calcularon los gastos de compra de equipos y costos mensuales fijos.

### Figura 2.

#### *Orden Metodológico*



### 4.1 Ideas para Mejorar la Logística del Material

Teniendo a la mano información de los lotes de vidrio despachados por el generador de vidrio a SERPRO mensualmente y utilizando la función suma en Excel, se procede a calcular el

peso neto de vidrio generado por el proveedor de vidrio en el mes de agosto tal como se ve reflejado en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Inventarios de Vidrio Generados por las Principales Embotelladoras de Bavaria*

Ítem	Ubicación	Cantidades Producidas	Unidad de	Tarifa del flete hasta	Viaje/mes
		Bavaria (kg/mes)	Medida (kg/día)	Zipaquirá (\$COP/kg)	
1	Tibasosa	14000	583,33	\$ 45.000	1
2	Tocancipá	1500000	62500	\$ 19.000	150
3	Barranquilla	250000	10416,67	\$ 155.000	15
4	Bucaramanga	70000	2916,67	\$ 75.301	4
5	Itagií	90000	3750	\$ 78.280	5
6	Yumbo	170000	7083,33	\$ 90.000	10
	Suma total	2094000			

Suponiendo que esta cantidad es constante a lo largo del año, lo que se propone es triturar los envases de vidrio antes de ser transportados a la planta de beneficio, pues si éste material es transportado en forma de envase, habría mucho espacio en el volco<sup>2</sup> ocupado por aire, en cambio si es triturado para posteriormente ser embarcado a la planta de tratamiento lo más probable es que se pueda transportar más masa de vidrio en el mismo espacio ya que la densidad del vidrio triturado es aproximadamente 1850 kg/m<sup>3</sup> (CEDEX, 2015) y la densidad del vidrio en estado de botella no triturada corresponde a un promedio de 330 kg/m (Demográfico, 2019) , significa que el vidrio en estado triturado es 5,6 veces más denso que el vidrio en estado de botella no triturado.

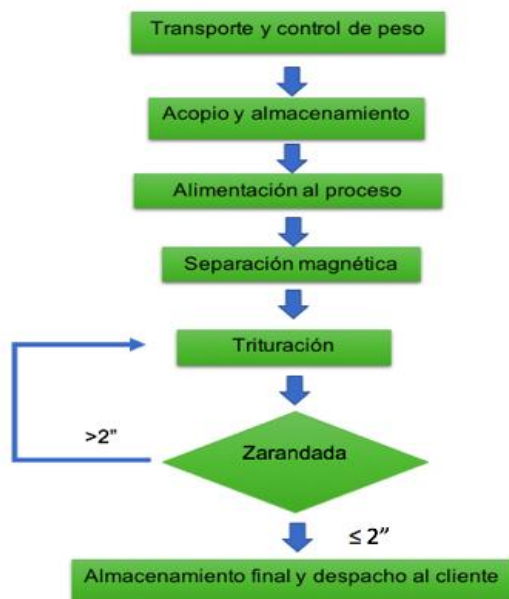
<sup>2</sup> Caja de la volqueta, espacio donde se transporta el material

## 4.2 Cálculo del Número de Equipos y Operadores

Para calcular el número de equipos y operadores, primero es necesario esquematizar el orden de las etapas presentes en el proceso de beneficio del casco de vidrio como se ve reflejado en la Figura 3.

### Figura 3.

*Diagrama de Flujo del Proceso*



A continuación, se presentan los equipos necesarios y personal requerido por cada etapa del proceso.

- Transporte

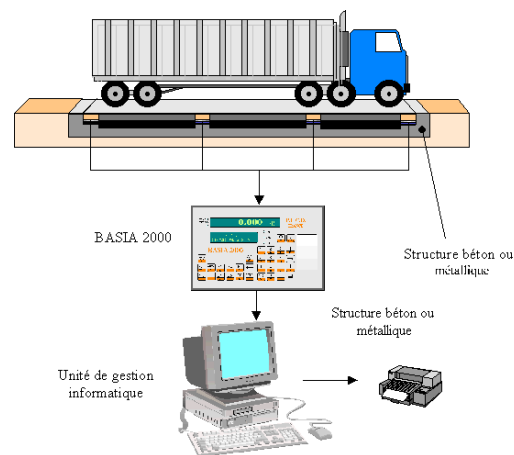
El vidrio es embalado y cargado en un camión desde las sedes por el proveedor de vidrio rumbo a Zipaquirá.

- Control de Inventario

Una vez el vidrio llega a Zipaquirá, el siguiente paso pesar el camión cargado de inventario para realizar el debido control de peso del vidrio despachado por el proveedor.

#### Figura 4.

*Camión con el Respectivo Sistema de Báscula, Hardware y Software*



*Nota:* Constructions Nanceiennes de Pesage, (2009)

- Acopio y almacenamiento

El almacenamiento de los lotes de vidrio se realizará al aire libre, por secciones dependiendo de los colores (ámbar, verde, transparente y azul).

**Figura 5.**

*Forma de Acopio y Almacenamiento de Vidrio en una Planta de Tratamiento de Cullet*



*Nota:* (123RF, 2010)

- Alimentación a la tolva

Por medio de un Bobcat se planea transportar los lotes de vidrio hasta la tolva de alimentación.

**Figura 6.**

*Cargue de Lotes de Vidrio en la Tolva de Almacenamiento*



*Nota:* (Momentum Recycling, 2008)

- Alimentación al proceso

El vidrio que se encuentra en la tolva de alimentación pasa a la banda transportadora número uno a través de un alimentador de banda, que se encarga de suministrar controladamente el vidrio a la banda transportadora.

**Figura 7.**

*Tolva de Almacenamiento con su Respectivo Alimentador de Bandas*



*Nota:* (DISMET SAS, 2018)

- Separación de materiales magnéticos

El vidrio que es transportado a través de la banda número 1 pasa por debajo de un separador magnético que retira materiales ferro magnéticos.

**Figura 8.**

*Separador Magnético Configurado sobre una Banda Transportadora*



*Nota:* (DISMET SAS, 2018)

- Trituración

Después de pasar por debajo del separador magnético, la banda transportadora número 1 se encarga de llevar el vidrio hasta el triturador, este equipo debe estar configurado de tal manera que las partículas salgan con un tamaño de partícula menor de 2” que pasará a la banda transportadora número 2.

**Figura 9.**

*Triturador de Mandíbulas*



*Nota:* (Retsch GmbH, 2021)

- Separación granulométrica

La operación de cribado se realiza en una criba de tambor que recibe el vidrio de la banda transportadora número 2, el equipo tiene la capacidad de separar el material en función del tamaño de partícula y limpiarlo al mismo tiempo. Después el vidrio con tamaño granulométrico menor a 2" pasa a la banda transportadora número 3. El vidrio que tiene un tamaño mayor al de 2" pasa a la banda transportadora número 4 que lo lleva al triturador para recircular el vidrio que no cumple con las especificaciones.

**Figura 10.**

*Zaranda de Doble Malla*



Nota: (Industry, 2021)

- Almacenamiento final

La banda transportadora número 3 lleva el vidrio hasta una tolva de almacenamiento la cual se encuentra unos metros por encima del nivel del suelo para facilitar el cargue del vidrio en la volqueta.



**Figura 11.***Tolva de Almacenamiento Final*

*Nota:* (MDF Maquinaria, 2016)

- Despacho a cliente (cristalería)

El vidrio ya triturado y limpiado es embalado en una volqueta, antes de salir pasa por un control de peso para facturar el valor exacto al cliente.

Se plantea una jornada de 8 horas al día como lo contempla la ley colombiana para una nómina de 10 operarios necesarios para llevar a cabo tareas de producción y logística dentro de la planta como se puede apreciar en la Tabla 3.

**Tabla 3.***Cantidad de Operarios*

<b>Cantidad</b>	<b>Cargo</b>	<b>Envuelto en tareas de</b>
1	Líder de producción	Control de inventarios
4	Ayudante de producción	Control de inventarios, manejo de triturador, criba y tolvas

Cantidad	Cargo	Envuelto en tareas de
2	Operarios de bandas transportadoras	Manejo de las bandas transportadoras
2	Operarios de limpieza y mantenimiento	Mantenimiento de equipos (separador magnético, triturador, criba, bandas transportadoras)
1	Asistente administrativo	Encargado de facturación en cada entrada y salida, labores de contabilidad
10		

### 4.3 Cálculo de la Capacidad de la Planta

El proceso industrial de beneficio de casco de vidrio está envuelto netamente en cambios físicos de la materia, de disminución de tamaño, asociados a la trituración del material, luego, la capacidad de la planta estará delimitada por una relación directamente proporcional y en mayor medida, por la capacidad del equipo seleccionado para la tarea de trituración.

La capacidad del triturador es una variable fija establecida por el fabricante del equipo, usualmente éste dato se reporta en unidades de kg/h o tn/h. Es necesario acoplarse a las condiciones de los fabricantes locales, con la premisa de siempre ahorrar costos, sin requerir a importar una máquina e incurrir en gastos de transporte y aranceles, por esta razón se decide escoger un triturador con capacidad de 10 tn/h como se aprecia en la Tabla 4.

Al conocer la capacidad que tiene el triturador de mandíbulas se puede calcular la capacidad de toda la planta trabajando 8 horas diarias 6 días a la semana.

$$\text{Producción mensual}_{\text{planta}} = \text{Capacidad}_{\text{Triturador}} * \text{Horas}_{\text{de trabajo}} \quad (\text{Ec. 1})$$

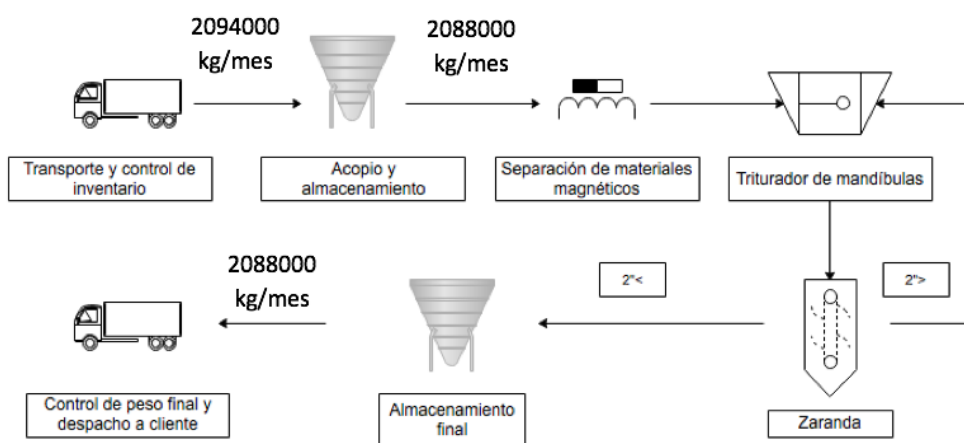
Tabla 4.

Cálculo de la Capacidad de Producción

Vidrio producido por Bavaria en agosto 2020	Capacidad de la máquina trituradora	Producción	Inventario que sobra en almacenamiento
87250,00 (kg/día)	10000 (kg/h)	80000 (kg/día)	7250,00 (kg/día)
481379,31 (kg/semana)	240000 (kg/día)	480000 (kg/semana)	1379,31 (kg/semana)
2094000,00 (kg/mes)	7200000 (kg/mes)	2088000 (kg/mes)	6000 (kg/mes)
25128000,00 (kg/año)	86400000 (kg/año)	25056000 (kg/año)	72000 (kg/año)

Figura 12.

Diagrama de Flujo



#### 4.4 Estructura de Costos

La estructura de costos es necesaria para calcular el costo de procesamiento unitario (\$COP/kg) en función de todos los gastos necesarios a realizar.

El gasto mensual en nómina se ve reflejado en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Gasto Mensual de Toda la Nómina*

<b>Nómina</b>					
<b>Cantidad</b>	<b>Cargo</b>	<b>Nivel de educación mínimo</b>	<b>Salario neto (\$COP/mes)</b>	<b>Salario más prestaciones (\$COP/mes)</b>	<b>Total (\$COP/mes)</b>
1	Líder de producción	Pregrado en ingeniería (industrial, química o mecánica)	\$1.700.000	\$2.584.000	\$2.584.000
4	Ayudante de producción	Título de tecnólogo	\$908.526	\$1.380.960	\$5.523.838
2	Operarios de bandas transportadoras	Título de tecnólogo	\$908.526	\$1.380.960	\$2.761.919
2	Operarios de limpieza y mantenimiento	Título de tecnólogo	\$908.526	\$1.380.960	\$2.761.919

Nómina					
Cantidad	Cargo	Nivel de educación mínimo	Salario neto (\$COP/mes)	Salario más prestaciones (\$COP/mes)	Total (\$COP/mes)
1	Asistente administrativo	Título de tecnólogo	\$908.526	\$1.380.960	\$1.380.960
10					\$15.012.636

Los gastos incurridos en compra de equipos y otros gastos mensuales fijos se ven reflejados en la Tabla 6. Todos los equipos mencionados en la tabla funcionan con energía de la red eléctrica a excepción del Bobcat para el traslado del vidrio, el valor del combustible de este equipo va englobado junto con el salario mensual de su respectivo operario, que no hace parte de la nómina debido a que este servicio es contratado por aparte, al igual hacen parte de los costos mensuales fijos el servicio de agua, electricidad, arriendo, nómina total, mantenimiento y vigilancia.

### Tabla 6.

#### *Gastos de Compra de Equipos y Costos Mensuales Fijos*

Frecuencia	Costo	Valor
Una vez (inversión fija)	Triturador	\$70.000.000
Una vez (inversión fija)	Bandas Transportadoras	\$200.000.000
Una vez (inversión fija)	Trabajo eléctrico	\$9.000.000
Una vez (inversión fija)	Tolva de almacenamiento #1	\$200.000.000
Una vez (inversión fija)	Tolva de almacenamiento #2	\$200.000.000
Una vez (inversión fija)	Tolva de almacenamiento #3	\$200.000.000

<b>Frecuencia</b>	<b>Costo</b>	<b>Valor</b>
Una vez (inversión fija)	Criba	\$30.000.000
Una vez (inversión fija)	Elevador de cangilones #1	\$30.000.000
Una vez (inversión fija)	Elevador de cangilones #2	\$30.000.000
Una vez (inversión fija)	Báscula con respectivo hardware y software	\$30.000.000
Una vez (inversión fija)	Planta de tratamiento de aguas residuales	\$70.000.000
Una vez (inversión fija)	Valor total de equipos (\$COP)	\$1.069.000.000
mensual	Valor total de equipos diferido a 36 meses (\$COP/mes)	\$29.694.444
mensual	Servicio de agua (\$COP/mes)	\$2.000.000
mensual	Servicio de electricidad (\$COP/mes)	\$4.000.000
mensual	Arriendo (\$COP/mes)	\$8.000.000
mensual	Bobcat (\$COP/mes)	\$8.000.000
mensual	Nómina total (\$COP/mes)	\$15.012.636
mensual	Mantenimiento (\$COP/mes)	\$53.450.000
mensual	Servicio de vigilancia (\$COP/mes)	\$2.000.000
mensual	Inversión total sumatoria (\$COP/mes)	\$66.707.080
	Costo de procesamiento un kg de vidrio (\$COP/kg)	\$32

Debido a que la inversión se realizará en un plazo de 3 años, los costos de los equipos son diferidos a 36 meses.

$$\text{ValorTotalEquipos}_{36\text{meses}} = \frac{\text{ValorTotalEquipos}}{36 \text{ meses}} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\text{InversionTotal}_{\text{Mensual}} = \sum \text{Costos}_{\text{mensuales}} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\text{CostoProcesamientoUnitario} = \frac{\text{InversionTotal}_{\text{Mensual}}}{\text{kgInventarioVidrio}_{\text{Mensual}}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Una vez calculado el valor de la inversión total se puede calcular la ganancia bruta por mes, tomando como precio de venta del cullet de vidrio procesado a 230\$COP/kg, suponiendo que en las negociaciones con el cliente (cristalería), éste último no se encuentre en disposición a pagar los 400 ó 450\$COP/kg una vez realizando las negociaciones respectivas.

## 5. Análisis de Resultados

El cálculo de la ganancia bruta mensual, reflejado en la Tabla 7, se realizó de acuerdo a la siguiente secuencia.

$$\text{kgInventarioVidrio}_{\text{Mensual}} = \sum \text{kgProducidosCadaSede} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\text{CostoMateriaPrima} = \text{kgInventarioVidrio}_{\text{Mensual}} * \text{PrecioDeCompraVidrio} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$\text{CostoTransporteHastaPlanta} = \text{kgInventarioVidrio}_{\text{Mensual}} * \text{PrecioTransporte} \quad (\text{Ec. } 7)$$

$$\text{CostoDeTransportes} = \text{CostoTransporteHastaPlanta} + \text{CostoTransporteCristaleria} \quad (\text{Ec. } 8)$$

$$\text{CostoOperación}_{\text{Mensual}} = \text{CostoDeTransportes} + \text{CostoMateriaPrima}_{\text{Mensual}} + \text{Inversión}_{\text{Mensual}} \quad (\text{Ec. } 9)$$

$$\text{Ganancia}_{\text{Mensual}} = \text{kgInventarioVidrio}_{\text{Mensual}} * \text{PrecioDeVentaVidrio} \quad (\text{Ec. } 10)$$

$$\text{GananciaBruta}_{\text{Mensual}} = \text{Ganancia}_{\text{Mensual}} - \text{CostoOperación}_{\text{Mensual}} \quad (\text{Ec. } 11)$$

### Tabla 7.

#### *Flujo de Caja Mensual*

	Precio de compra (\$COP/kg)	\$100
	Precio de venta (\$COP/kg)	\$230
Mensual	Inversión total sumatoria (\$COP/mes)	\$66.707.080
Mensual	Costo de materia prima (\$COP/mes)	\$209.400.000
Mensual	Costo de ambos transportes (\$COP/mes)	\$135.615.800
Mensual	Costo de operación (\$COP/mes)	\$411.722.880
Mensual	Valor a la venta del cullet procesado de un mes (\$COP/mes)	\$481.620.000
Mensual	Ganancia bruta de un mes (\$COP/mes)	\$69.897.120



A través de documentación interna se pudo constatar que el generador le vende vidrio a SERPRO (empresa competencia) a una tasa de 91,041 pesos por kilogramo (\$/kg de vidrio), el precio que se le propone al generador de envases de vidrio es 100 pesos por kilogramo (\$COP/kg vidrio) situando a IMMES como un proveedor de casco de vidrio en el mercado, la cristalería A sería el único cliente al cual se le podría suministrar cullet como materia prima sustitutiva, el valor mínimo de venta del material procesado en Colombia según la bibliografía ronda los 400\$COP/kg (TÉLLEZ, 2005) y su máximo valor de venta ronda los 450\$COP/kg (Carlos et al., 2007). Sin embargo, en la práctica no siempre se mantienen esos precios y es por esta razón que el precio de venta por kilogramo de casco de vidrio debe tomar valores más realistas, que se asemejen a la realidad del mercado y a un valor más ajustado al que verdaderamente la cristalería A está dispuesta a pagar por la materia prima en su condición de monopolio, pues en algunas ocasiones esta paga menos según evaluaciones de calidad realizada al cullet algo arbitrariamente.

Calculando el promedio del precio de venta mínimo acorde a la bibliografía y el nuevo precio ofertado por IMMES se obtiene el valor de 250\$COP/kg, sin embargo, se prevé que la cristalería A pague menos de ese precio, por eso se procede a multiplicar ese valor por el factor de 0,92, acercándose a un panorama algo más realista para el precio de venta de cullet.

$$\text{Tarifa realista} = 0,92 * \frac{(400 + 100)\$COP/kg}{2} = 230\$COP/kg \quad (\text{Ec. 12})$$

Esa sería la tarifa que la cristalería A estaría dispuesta a pagar por el kg de casco de vidrio ya procesado.

Es posible mejorar la logística para el transporte del vidrio si se transporta triturado, debido a que el volumen del volco es constante y la única variable es la densidad del material a transportar, el vidrio triturado es 5,6 veces más denso que una botella de vidrio, lo que significa que una volqueta que va llena de botellas de vidrio podría llenar el mismo volumen del volco pero con 5,6 veces más masa por unidad de volumen en comparación con la botella de vidrio.

$$5,6 * \text{Densidad} = 5,6 * \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \quad (\text{Ec. 13})$$

## 6. Conclusiones

La instalación de un equipo triturador y una tolva de almacenamiento en la fuente de envases vidrio seguramente pueda ayudar a reducir el número de viajes entre esta primera y la planta de tratamiento ya que el vidrio triturado es 5,6 veces más denso que el envase de vidrio.

El costo unitario de tratamiento se calcula en función de las inversiones fijas y los gastos mensuales, en este caso triturar y limpiar un kilogramo de vidrio cuesta 32 \$COP.

La ganancia mensual bruta para IMMES SAS por la trituración y limpieza de envases de vidrio es de 69897120 \$COP/mes si se establece en las negociaciones entre IMMES SAS y la cristalería un precio de venta de 230 \$COP/kg.

## Referencias bibliográficas

123RF. (11 de 4 de 2010). *Una montaña de pequeños fragmentos de vidrio verde de botellas vacías para reciclar*. Obtenido de [https://es.123rf.com/photo\\_87752830\\_una-monta%C3%B1a-de-peque%C3%B1os-fragmentos-de-vidrio-verde-de-botellas-vac%C3%ADas-para-reciclar.html](https://es.123rf.com/photo_87752830_una-monta%C3%B1a-de-peque%C3%B1os-fragmentos-de-vidrio-verde-de-botellas-vac%C3%ADas-para-reciclar.html)

Carlos, L., & Walteros, L. (2007). *El reciclaje: una solución de vida en un ambiente saludable*.  
14. Recuperado a partir de [https://ciencia.lasalle.edu.co/esp\\_gestion\\_energetica/10](https://ciencia.lasalle.edu.co/esp_gestion_energetica/10)

CEDEX. (2015). *Vidrio Reciclado*. 1–20.

Constructions Nanceiennes De Pesage. (29 de 7 de 2009). *Pesage de véhicules*. Obtenido de [https://cnp.pagesperso-orange.fr/indus\\_pont\\_basculer\\_camion\\_fosse.htm](https://cnp.pagesperso-orange.fr/indus_pont_basculer_camion_fosse.htm)

DirectIndustry. (2021). *Criba vibratoria circular*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/binder-co-ag/product-89747-939179.html>

Directindustry. (s.f.). *Criba de tambor*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/atm-recyclingsystems-gmbh/product-65535-1515087.html>

DISMET SAS. (2018). *Características y beneficios*. Obtenido de <https://www.dismet.com/portfolio/alimentador-de-banda/>

DISMET SAS. (2018). *Separadores magnéticos sobre banda*. Obtenido de <http://www.dismet.com/productos/separadores-magneticos-sobre-banda/>

Gobierno de España. Ministerio para la Transformación Ecológica y el Reto Demográfico. (2019). *Vidrio*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/vidrio/Que->

características-

tiene.aspx#:~:text=El%20vidrio%20envase%20fue%20el,kg%2Fm3%20dependiendo%20del%20tipo.

Industry, D. (2021). *Criba de tambor*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/atm-recyclingsystems-gmbh/product-65535-1515087.html>

Mata, A., & Galvez, C. (1996). Reciclaje de vidrio. *Vidiriera De Guadalajara*, 35(3), 15.

MDF Maquinaria. (2016). Tolvas y silos almacenaje. Obtenido de <https://mdfmaquinaria.com/productos/transporte-de-productos-solidos/tolvas-y-silos-almacenaje/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Por la cual se modifica la Resolución 1407 de 2018 y se toman otras determinaciones*.

Momentum Recycling. (2008). *Página oficial*. Obtenido de <https://colorado.momentumrecycling.com/process/infeed-hopper/>

Retsch GmbH. (2021). *Trituradora de mandíbulas BB 600*. Obtenido de <https://www.retsch.es/es/productos/molienda/trituradoras-de-mandibulas/bb-600/funcionamiento-caracteristicas/>

Téllez, M. E. D. (2005). *Diseño de una máquina trituradora de envases de vidrio*.

Testa, M., Malandrino, O., Sessa, M. R., Supino, S., & Sica, D. (2017). Long-term sustainability from the perspective of cullet recycling in the container glass industry: Evidence from Italy. *Sustainability (Switzerland)*, 9(10). doi: 10.3390/su9101752